

ВИБІР МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Проведено аналіз методів встановлення «стандарту» енергоспоживання для побудови системи контролю та планування електроспоживання на автоматизованій лінії розливу, що працює на підприємстві з виробництва напоїв. Розглянуто декілька математичних моделей енергоспоживання, що можуть бути використані для встановлення «стандартів»: побудова «індивідуальних» математичних моделей для комбінацій різних варіантів технологічного процесу, побудова багатофакторної математичної моделі процесу енергоспоживання. Виконано порівняння наведених методів за залишковою дисперсією, критерієм Фішера та середньою похибкою апроксимації.

Ключові слова: «стандарт» енергоспоживання, енергозбереження, математична модель, нейронні мережі, багатофакторні математичні моделі енергоспоживання, ряди Фур'є.

Вступ. На сьогодні підвищення рівня ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у промисловості є однією з актуальних проблем в Україні. Це не тільки енергетична проблема, але й економічна, тому що в собівартості будь-якого продукту частка витрат на енергію є значною, причому ціни на енергоносії зростають, що в свою чергу призводить до підвищення собівартості продукції та зниження конкурентоспроможності вітчизняного виробництва [1].

Вирішення проблем енергозбереження вимагає управління на всіх рівнях господарювання: на державному, регіональному, на рівні підприємств, організацій, їх підрозділів і навіть на рівні окремих енергоємних установок чи технологічних процесів.

Однією з першочергових функцій управління енергозбереженням є контроль ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Без об'єктивної кількісної оцінки рівня ефективності енерговикористання, управління енергозбереженням, а отже і досягнення бажаних результатів у цій сфері, є практично неможливим. Таким чином, удосконалення та подальший розвиток методів контролю енергоефективності, зокрема у виробничій сфері, є важливим і актуальним завданням [2].

У багатьох зарубіжних країнах на промислових і комерційних об'єктах функціонують системи енергетичного менеджменту, тобто системи управління енерговикористанням. До складу кожної з таких систем обов'язково входить підсистема оперативного управління ефективністю використання паливно-енергетичних ресурсів — сукупність так званих систем контролю і планування енергоспоживання (систем КіП).

Однією з основних функцій у будь-якій системі оперативного контролю енергоефективності є встановлення так званих «стандартів» енергоспоживання, порівняно з якими власне і визначається, чи є використання енергії на об'єкті контролю раціональним, ефективним.

З виконанням зазначеної функції пов'язаний суттєвий недолік традиційних систем КіП, а саме — встановлення необґрунтовано спрощених «стандартів» споживання палива чи енергії. Відомо, що в зарубіжній практиці такі «стандарти» для будь-яких об'єктів контролю енергоефективності найчастіше встановлюють у вигляді константи або однофакторного лінійного рівняння регресії, проте на обсяги споживання енергії виробничими об'єктами впливають численні чинники, а характер цього впливу здебільшого є нелінійним.

Таким чином, коректне вирішення питань, якими мають бути математичні моделі енергоспоживання, що використовуються для встановлення «стандартів» споживання палива чи енергії на будь-якому конкретному об'єкті, якими методами необхідно будувати такі моделі, є дуже важливим при створенні та функціонуванні систем оперативного контролю енергоефективності.

Постановка завдання. Підхід до вирішення зазначених питань може бути проілюстрований на прикладі автоматизованої лінії розливу напоїв, що працює на одному з підприємств міста Києва.

З точки зору споживання електроенергії, особливістю роботи такої лінії є складна технологія розливу, яка кілька разів на добу змінюється залежно від виду напоїв, об'єму тари, у яку вони розливаються, від способу використання цієї тари (нова чи оборотна), від способу кінцевої упаковки продукції тощо. При цьому кожна доба, в продовж якої здійснюється контроль, не схожа на попередні, тобто не прослідковується жодна закономірність повторення комбінацій різних варіантів технологічного процесу. В табл. 1 наведені різні варіанти технологічного процесу, за якими може працювати лінія розливу напоїв.

Нині контроль ефективності використання електроенергії лінією розливу напоїв здійснюється щодобово, окремо для кожного виду «продукції» на підставі даних автоматизованої системи

погодинного обліку обсягів її виробництва і кількості спожитої енергії. За цими ж даними, зареєстрованими протягом попередніх періодів, визначаються середньогодинні значення фактичної питомої витрати електричної енергії на одиницю кожного виду «продукції», які використовуються, як «еталон» при здійсненні щодобового контролю ефективності енерговикористання. Вище згадані, середні фактичні питомі витрати електроенергії на кожен вид «продукції», що виробляється лінією розливу напоїв, працівники підприємства називають розрахунковими коефіцієнтами і визначають за формулою:

$$k = \frac{\bar{E}}{C}, \quad (1)$$

де $\bar{E}$ — середня годинна витрата електроенергії на виробництво відповідної «продукції» за попередні періоди контролю, кВт;

C — продуктивність лінії, дкл/год.

Такий підхід до контролю ефективності енерговикористання має низку суттєвих недоліків, зокрема:

1. Для визначення відповідних розрахункових коефіцієнтів здебільшого використовується незначна кількість статистичних даних щодо середньогодинних обсягів споживання електричної енергії (3-5 значень).

2. Значення продуктивності лінії при розрахунку приймають номінальними, а не фактичними.

3. Розрахункові коефіцієнти (середні питомі витрати електроенергії) не є постійними величинами і не відображають випадковий характер процесу енергоспоживання, а тому не можуть служити об'єктивними критеріями ефективності енерговикористання.

Враховуючи описані недоліки, можна стверджувати, що організований таким чином контроль не дозволяє одержувати об'єктивну оцінку рівня ефективності використання електричної енергії лінією розливу напоїв і, відповідно, не дає змоги приймати правильні рішення щодо управління її енергоефективністю.

Отже, для розглянутої автоматизованої лінії розливу напоїв, необхідно побудувати і застосовувати іншу, більш об'єктивну систему оперативного контролю ефективності використання електричної енергії, для чого, насамперед потрібно запропонувати коректну процедуру встановлення «стандартів» енергоспоживання.

Табл. 1. Можливі варіанти технологічного процесу розливу напоїв

Вид напою	Умовний номер «продукції»	Варіанти технологічного процесу: формат тари, спосіб її використання, кінцева упаковка продукції
Пиво	1	0.5 л, нова пляшка, ящик
	2	0.5 л, оборотна пляшка, ящик
	3	0,5 л, 0,33 л, 0.3 л, повторна мийка пляшок (перемивка)
	4	0.5 л, з ящика в термоупаковку (т/у)
	5	0.33 л, нова пляшка, термоупаковка
	6	0.33 л, оборотня пляшка, термоупаковка
	7	0.5 л, нова пляшка, термоупаковка + картон
	8	0.5 л, нова пляшка, термоупаковка
	9	0.5 л, оборотня пляшка, термоупаковка
Пепсі	10	0.2 л, нова пляшка термоупаковка
	11	0.3 л, оборотня пляшка, термоупаковка
	13	0.3 л, нова пляшка, термоупаковка
Сидр	13	0.5 л, нова пляшка, термоупаковка
	14	0.5 л, оборотня пляшка, термоупаковка

«Стандарти» енергоспоживання в системах оперативного контролю ефективності енерговикористання є більш чи менш складними математичними моделями обсягу споживання палива чи енергії залежно від одного або кількох чинників, що суттєво впливають на нього. Такими чинниками можуть бути обсяг виробництва продукції або виконання роботи, тривалість роботи обладнання, окремі параметри технологічного процесу чи виробничих умов тощо [3].

Для лінії розливу напоїв, що розглядається, процес побудови математичних моделей енергоспоживання є досить складним через постійні зміни технології розливу, значну кількість чинників, що впливають на обсяг споживання електроенергії, значна частина яких є не кількісними, а якісними показниками, що ускладнює, а інколи навіть унеможлиблює їх врахування в математичній моделі.

Проаналізувавши з застосуванням непараметричного критерію Краскера-Уолліса тісноту статистичного зв'язку між електроспоживанням лінії і наведеними в табл. 1 якісними чинниками, було встановлено, що вони суттєво впливають на обсяг споживання електричної енергії. При побудові математичної моделі споживання електроенергії, було вирішено, що кожен з можливих варіантів технологічного процесу розливу напоїв необхідно розглядати та враховувати окремо. Тобто в ролі незалежних змінних у моделі електроспоживання лінії мають бути використані обсяги виробництва відповідних видів «продукції», що характеризують результат кожного з варіантів технологічного процесу.

Нижче розглянуто та проаналізовано можливі підходи до побудови математичних моделей споживання електроенергії лінією залежно від обсягів виробництва відповідних видів «продукції», необхідних для контролю енергетичної ефективності її функціонування. Розрахунки були виконані на прикладі однієї робочої доби, при цьому, протягом цього періоду лінією випускалася продукція з умовними номерами 5, 8 та 11. Моделювання електроспоживання лінії здійснювалося з використанням програмного забезпечення Matlab та Statistika.

Математичне моделювання технологічного процесу

Роглянемо два шляхи побудови математичних моделей споживання електричної енергії автоматизованою лінією розливу напоїв, які можуть бути використані для встановлення «стандартів» у системі оперативного контролю її енергоефективності.

Шлях №1: Побудова «індивідуальних» математичних моделей для кожного з можливих варіантів технологічного процесу

Застосування такого підходу є очевидним, але й досить трудомістким способом встановлення «стандарту» оскільки для лінії, що розглядається, необхідно побудувати 13 математичних моделей споживання електроенергії залежно від обсягу виробництва відповідних видів «продукції», а також періодично коригувати їх.

При цьому для кожного з варіантів технологічного процесу розливу напоїв необхідно вибрати «найкращу» модель, тобто таку, яка адекватно описує фактичні обсяги споживання лінією електричної енергії. З метою вибору найбільш адекватних математичних моделей електроспоживання можуть бути використані такі показники: критерій *R-квадрат* (*R-square*) - квадрат коефіцієнта множинної кореляції (інакше кажучи, повна детермінація моделі); середньоквадратична залишкова похибка моделі *RSME* (*Root mean Squared Error*), середня похибка апроксимації *A*, %, критерій Фішера (*F-критерій*), залишкова дисперсія моделі *D_{зал}* тощо.

За допомогою програмного забезпечення Matlab для кожного з видів «продукції», виробленої протягом розглянутої доби, було побудовано кілька математичних моделей електроспоживання лінії — функцій різного виду [7;8]. Результати побудови таких моделей для «продукції» з умовним номером 5, а також визначення показників, які дозволяють порівнювати адекватність відповідних моделей, представлені в табл. 2.

Табл. 2. Показники адекватності різних математичних моделей

Умовний номер «продукції»	Вид функції	<i>R-2</i>	<i>RSME</i>	<i>A</i> , %	<i>F</i>	<i>D_{зал}</i>
5	лінійна	0,6815	4,893	2,012607	1,467358	23,43115
	поліном 2-го порядку	0,6865	4,908	1,997602	1,458042	23,06269
	експотенціальна	0,6794	4,909	2,017527	1,476344	23,58486
	періодична ряди Фур'є	0,821	4,397	1,474366	1,215819	13,16984

Як видно з табл. 2, математичні моделі споживання електроенергії, які найчастіше застосовують при встановленні «стандартів» енергоспоживання — лінійна, поліном другого порядку та експонента, не достатньо добре описують процес споживання електроенергії.

Альтернативою для широко розповсюдженої в чисельному аналізі поліноміальної апроксимації є спектральний підхід, заснований на застосуванні рядів Фур'є. Табл. 2 узагальнює, що застосування таких функцій помітно підвищує точність моделі, хоча і робить її складнішою. Це підтверджують також

результати моделювання електроспоживання лінії, одержані для інших видів «продукції». Побудована з застосуванням рядів Фур'є модель енергоспоживання для лінії при виробництві «продукції» 5 зображена на рис. 1.

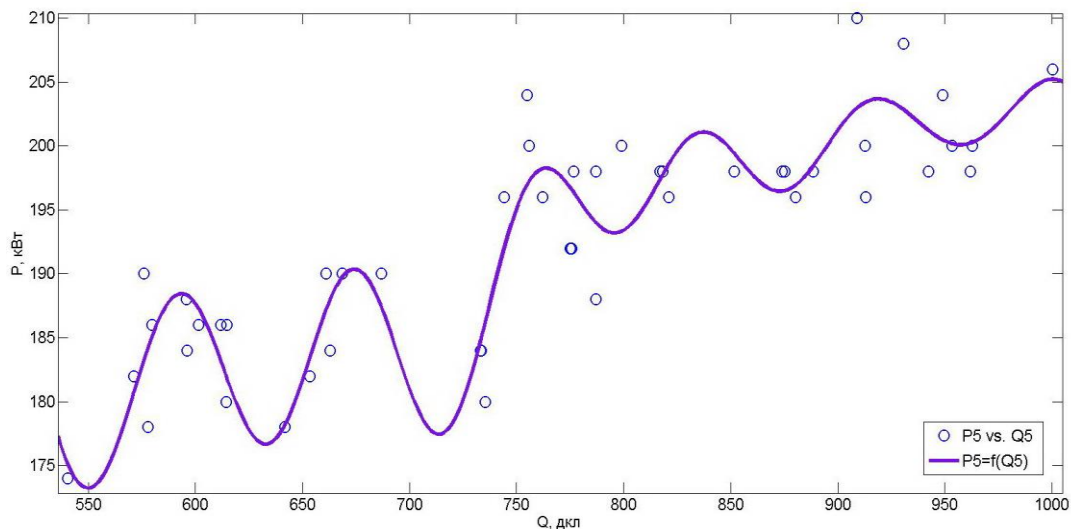


Рис. 1. Залежність споживання електроенергії від виробництва продукції 5-го виду, встановлена у вигляді періодичної функції Фур'є.

Таким чином, при застосуванні «індивідуального» підходу до побудови математичної моделі електроспоживання лінії з розливу напоїв загальні обсяги споживання електроенергії лінією за кожну добу, які необхідно контролювати, будуть визначатися як сума окремих значень витрат енергії, отриманих для окремих варіантів технологічного процесу за моделями, побудованими у вигляді періодичних функцій Фур'є.

Отже процес встановлення стандарту енергоспоживання таким шляхом є досить трудомістким. Такий підхід не лише вимагатиме від фахівця, який в умовах реального виробництва буде займатись моделюванням електроспоживання подібної автоматизованої лінії, певних знань у цій галузі, але й значних витрат робочого часу.

Шлях №2: Побудова багатфакторної математичної моделі енергоспоживання лінії.

Як зазначалося, на обсяг споживання електричної енергії лінією з розливу напоїв впливають численні та різноманітні чинники. Це, передусім, об'єми випуску різних видів «продукції», які є єдиними кількісними показниками, що характеризують роботу лінії при різних комбінаціях варіантів технологічного процесу. Тому зміну добових обсягів витрат електроенергії лінією можна спробувати описати деякою багатфакторною математичною моделлю залежно від обсягів «продукції» тих видів, що вироблялися кожної доби [3].

Найпростіша з таких математичних моделей може бути побудована у вигляді рівняння багатфакторної лінійної регресії. Наприклад, для випадку виробництва лінією розливу напоїв кожної доби тільки видів «продукції» з умовними номерами 5, 8 та 11, лінійна багатфакторна модель добового електроспоживання має вигляд:

$$P_{\text{сум}} = 432,7953 + 0,0396 \cdot Q_5 + 0,0959 \cdot Q_8 + 0,0577 \cdot Q_{11} \quad (2)$$

де Q_5, Q_8, Q_{11} — кількість випущеної «продукції», відповідно, номер 5, 8 та 11.

Для побудови ж складніших, нелінійних багатфакторних моделей було використано програмний продукт Statistica. Зокрема, такі моделі були побудовані у вигляді простого нелінійного поліному (3), а також поліному (4), який передбачає можливість включення до нього специфічних функцій. Оптимальна структура кожного з цих поліномів визначалася шляхом перебору всіх можливих варіантів [5;6]. Для побудови подібних багатфакторних нелінійних моделей можуть також використовуватись різні алгоритми теорії самоорганізації математичних моделей на ЕОМ, відомі під загальною назвою методу групового урахування аргументів (МГУА).

$$P_{\text{сум}} = 490,4928 + 8,46 \cdot 10^5 \cdot Q_{11}^2 + 9,24 \cdot 10^5 \cdot Q_8 + 2,11 \cdot 10^{-14} \cdot Q_5^5 - 3,67 \cdot 10^{-8} \cdot Q_{11}^3 \quad (3)$$

$$P_{\text{сум}} = 415,816 + 0,00008 \cdot Q_{11}^2 + 4,42 \cdot \sqrt{Q_8} + 2,142 \cdot 10^{-14} \cdot Q_5^5 - 3 \cdot 10^8 \cdot Q_{11}^3 \quad (4)$$

Очевидно, що процес побудови багатofакторних нелінійних моделей електроспоживання лінії є досить складним і вимагає застосування спеціального програмного забезпечення (ПК). При цьому чим точнішою повинна бути модель, тим більших витрат часу вимагатиме її побудова.

Ще одним можливим методом побудови складних, багатofакторних математичних моделей енергоспоживання є застосування так званих нейронних мереж, які починаючи з кінця XX ст. століття набувають популярності. Нейронні мережі є одним з методів імітації процесів та явищ, який дозволяє відтворювати складні залежності. Ідея розробки нейронних мереж полягала у імітації роботи головного мозку та нервової системи людини, що складається з безлічі однорідних елементів – нейронів. Використання знань щодо будови та функціонування нейронів допомогло створити адаптовані та здатні до навчання системи – нейронні мережі, які дозволяють вирішувати низьку проблем у різних галузях науки [5].

Завданням, яке можуть вирішувати нейронні мережі є побудова нелінійних багатofакторних регресійних залежностей, аналіз часових рядів та апроксимація функцій. Згідно [4;5;7], найбільш придатними для використання з цією метою є радіальні базисні мережі GRNN (Generalized Regression Neural Network). Структура радіального базисного нейрону показана на рис. 2.

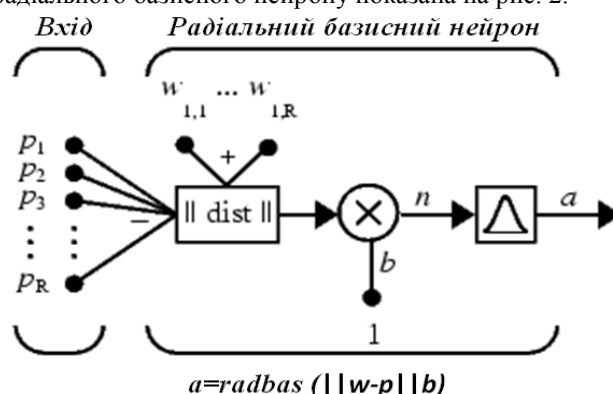


Рис. 2. Структура радіального базисного нейрону

Використання нейронної мережі дозволило отримати досить точні результати математичного моделювання добового електроспоживання лінії розливу напоїв.

Порівняння результатів використання різних методів побудови багатofакторних нелінійних моделей добового електроспоживання лінії з розливу напоїв за залишковою дисперсією, критерієм Фішера та середньою похибкою апроксимації наведено в табл. 3-5.

Табл. 3. Порівняння результатів моделювання електроспоживання лінії за залишковою дисперсією

	Однофакторні регресійні моделі (ряди Фур'є) $P_{\text{сум}} = f(Q1) + f(Q2) + f(Q3)$	Багатofакторна лінійна регресія	Багатofакторна нелінійна регресія		Нейронна мережа GRNN
			Поліноміальна	з використанням специфічних функцій	
$D_{\text{зал}}$ (розрахункові дані)	78,686	134,312	128,521	130,137	77,143
$D_{\text{зал}}$ (контрольні дані)	362,66	203,914	217,51	215,284	201,025

Табл. 4. Порівняння результатів моделювання електроспоживання лінії за критерієм Фішера

	Однофакторні регресійні моделі (ряди Фур'є) $P_{\text{сум}} = f(Q1) + f(Q2) + f(Q3)$	Багатofакторна лінійна регресія	Багатofакторна нелінійна регресія		Нейронна мережа GRNN
			Поліноміальна	з використанням специфічних функцій	
F (розрахункові дані)	1,159721	1,36634	1,348165	1,352447	1,472748

Продовження табл. 4. Порівняння результатів моделювання електроспоживання лінії за критерієм Фішера

F (контрольні дані)	0,817453	1,146551	1,248925	1,175727	1,436091
-----------------------	----------	----------	----------	----------	----------

Табл. 5. Порівняння результатів моделювання електроспоживання лінії за середньою похибкою апроксимації

	Однофакторні регресійні моделі (ряди Фур'є) $P_{\text{сум}} = f(Q1) + f(Q2) + f(Q3)$	Багатофакторна лінійна регресія	Багатофакторна нелінійна регресія		Нейронна мережа GRNN
			Поліноміальна	з використанням специфічних функцій	
$A, \%$ (розрахункові дані)	1,244348	1,70737	1,626534	1,668218	1,277099
$A, \%$ (контрольні дані)	2,46885	2,043998	2,14452	2,161131	1,998359

З табл. 3-5 видно, що при побудові математичних моделей на розрахункових даних кращі результати за залишковою дисперсією було отримано при використанні нейронної мережі та при побудові «індивідуальних» математичних моделей для кожного з варіантів технологічного процесу. За критерієм Фішера можна стверджувати, що всі побудовані математичні моделі адекватно описують фактичні обсяги споживання електричної енергії лінією. За середньою похибкою апроксимації, використання нейронних мереж також дозволило одержати досить високу точність, хоча в окремих випадках результати були гіршими від інших моделей. Отже, вибір кращого методу побудови математичних моделей енергоспоживання необхідно здійснювати одночасно за кількома критеріями вирішуючи відповідну багатокритеріальну задачу.

Висновки

1. На обсяги споживання електричної енергії реальних виробничих об'єктів, здебільшого нелінійно, впливають численні чинники, значна частина яких є якісними показниками, що суттєво ускладнює процес побудови математичних моделей електроспоживання, необхідних для встановлення «стандартів» у системах оперативного контролю ефективності енерговикористання.
2. Побудова нелінійних багатофакторних математичних моделей споживання електроенергії виробничими об'єктами вимагає застосування складних методів моделювання і відповідних програмних засобів.
3. Для кожного конкретного виробничого об'єкту в процесі встановлення або перегляду «стандартів» енергоспоживання необхідно розглядати достатньо широке коло можливих до застосування математичних моделей, вибираючи з них таку, яка найбільш адекватно описує фактичні обсяги споживання електричної енергії на об'єкті.
4. Вибір найкращої математичної моделі електроспоживання виробничих об'єктів варто здійснювати одночасно за кількома критеріями адекватності, для чого потрібно вирішувати відповідну багатокритеріальну задачу.

Література

1. Праховник А. В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, О. В. Бориченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2009. – № 8 (66). – С. 41–54.
2. Ковалко М. П. Энергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
3. Находов В. Ф. Контроль та аналіз виконання встановлених «стандартів» в системах статистичного контролю ефективності використання електричної енергії / В. Ф. Находов, О. В. Бориченко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро: інформ. зб. – 2011. – № 2. – С. 16–23.
4. Медведев В. С. Нейронные сети / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М.: Диалог МИФИ, 2002 – 496 с.

5. Нейронные сети. *STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных* / Под редакцией В. П. Боровикова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Горячая линия — Телеком, 2008. — 392 с., ил.
6. Боровиков В.Н. *STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов.* - СПб.: Питер, 2001 — 356с.
7. Дьяконов В. Н. Математические пакеты расширения MATLAB: Специальный справочник./ В. Н. Дьяконов, В. В. Круглов — СПб: Питер, 2001. — 768 с.
8. Дьяконов В. Н. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® в математике и моделировании. / В. Н. Дьяконов — Серия «Библиотека профессионала». — М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 576 с: ил.

V. NAKHODOV, D. IVANKO, A. GOLOVKO

CHOICE OF MATHEMATICAL SIMULATION METHODS OF POWER CONSUMING PROCESSES IN OPERATIONAL MONITORING SYSTEMS OF ENERGY EFFICIENCY

It was held the analysis of methods of establishing energy «standard» for building of controlling and planning system of electricity consumption on an automated bottling line, working in production of beverages. We consider several mathematical models of energy consumption that can be used to establish «standards»: building of «individual» mathematical models for different combinations of variants of the process, the construction of a mathematical model of multi-process power consumption. The comparison of the above methods for residual dispersion, Fisher criterion and the mean error of approximation.

Keywords: «standard» of energy consumption, energy saving, mathematical model, neural networks, multifactorial mathematical model of energy consumption, Fourier series.

References

- 1 . Prakhovnik A. V. Monitoring of power use efficiency - a key problem of energy saving management / A.V. Prakhovnik, V.F.Nakhodov, O. V. Borichenko//Energy saving, power engineering, energy audit. — 2009 . — No. 8 (66). — Page 41-54.
- 2 . Kovalko M. P. Energy saving - the priority direction of a state policy of Ukraine/ M. P. Kovalko, S. P. Denisyuk. — To. : UEZ, 1998. — 506 pages.
- 3 . Nakhodov V. F. Monitoring and the analysis of execution of set "standards" in systems of statistical check of efficiency of electrical energy use. F.Nakhodov, O. V. Borichenko// "Industrial power industry and electrical engineering" Promelektro: inform. сб. - 2011 . - No. 2. - Page 16-23.
- 4 . Medvedev V. S. Neural networks / Century S. Medvedev, V. G. Potyomkin. — M: MEPhI dialog, 2002 — 496 pages.
- 5 . Neural networks. *STATISTICA Neural Networks: Methodology and technologies of the modern data analysis* / Under V. P. Borovikov's edition. — 2nd prod. reslave. and additional — M: Hot line — Telecom, 2008. — 392 pages, silt.
- 6 . Borovikov V.N. *STATISTICA: data analysis art on the computer. For professionals.* - SPb. : St. Petersburg, 2001 — 356с.
- 7 . Dyakonov V.N. Mathematical extension packages of MATLAB: Special spravochnik./ V.N. .Dyakonov, V. V. Kruglov — SPb: St. Petersburg, 2001. — 768 with.
- 8 . Dyakonov V.N. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6® in mathematician and simulation. / V.N. .Dyakonov — Series "Library of the Professional". — M: SOLON-Press, 2005. — 576 with: silt.

УДК 621.311.003.13

В.Ф.НАХОДОВ, Д.О.ИВАНЬКО, А.В.ГОЛОВКО

ВЫБОР МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Проведен анализ методов установления «стандарта» энергопотребления для построения системы контроля и планирования электропотребления на автоматизированной линии разлива, работающего на предприятии по производству напитков. Рассмотрено несколько математических моделей энергопотребления, которые могут быть использованы для установления «стандартов»: построение «индивидуальных» математических моделей для комбинаций различных вариантов технологического процесса, построение многофакторной математической модели энергопотребления. Выполнено сравнение приведенных методов по остаточной дисперсией, критерию Фишера и средней погрешностью аппроксимации.

Ключевые слова: «стандарт» енергопотребления, энергосбережения, математическая модель, нейронные сети, многофакторные математические модели энергопотребления, ряды Фурье.

УДК 621.31

БАЗЮК Т.М.

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ЗМІНИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ РЕГІОНУ

В статті визначено поняття енергетичного потенціалу регіону. Детально розглянуто складові цього поняття. Проаналізовано існуючі методи оцінки складових енергетичного потенціалу регіону. Визначено спільні особливості наведених методів оцінки енергетичного потенціалу регіону. Розглянуто можливість підвищення енергетичного балансу регіону шляхом залучення відновлювальних джерел енергії.

Ключові слова: енергетичний потенціал регіону, паливно-енергетичні ресурси (ПЕР), нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії (НВДЕ), розосереджена генерація (РГ).

Вступ.

Енергетичні ресурси розподілені нерівномірно, в одному місці їх практично немає, в іншому вони представлені з надлишком. Одні країни можуть дозволити собі експорт енергоресурсів, інші змушені їх імпортувати. Для України питання підвищення ефективності енерговикористання, реалізації політики енергозбереження, створення і удосконалення енергоринку та підвищення ефективності функціонування енергетики в цілому набули особливої актуальності і безпосередньо пов'язані з енергобезпекою країни [6].

Енергетична безпека країни залежить від наявності власних ресурсів та ефективності їх використання, однак, не кожен регіон (навіть в межах однієї держави) має власні енергетичні ресурси в достатній кількості для забезпечення власних потреб, утворюється диспропорція. Виникає потреба в добуванні, концентрації, збагаченні, перетворенні й транспортуванні паливно-енергетичних ресурсів. Оскільки, на кожному етапі трансформації та транспортування енергетичних ресурсів деяка частина з них втрачається та розсіюється, а в залежності від технологічного процесу та стану обладнання рівень втрат може сягати 20% і більше. Зважаючи на такий стан речей, доцільним є максимально можливе використання місцевих енергетичних ресурсів, включаючи можливості які створює впровадження розосередженої генерації і НВДЕ. Для цього потрібно попередньо оцінити енергетичний потенціал території (регіону) що розглядається.

Забезпеченість є відношенням між потребою та можливостями для їхнього задоволення. Диспропорція в забезпеченні споживачів району енергетичними ресурсами негативно впливає на економіку, оскільки виникає потреба в транспортуванні ресурсів, що через ряд причин є досить коштовним та призводить до додаткових витрат. Існує два напрямки мінімізації рівня даної диспропорції[...], при реалізації яких може виникати позитивний енергетичний ефект:

- підвищення рівня самозабезпечення регіону енергетичними ресурсами;
- розвиток енергетичної інфраструктури для взаємокомпенсації потреб (від регіону в якому є надлишок, до регіону в якого виникла потреба).

Сучасне суспільство потребує значних обсягів первинних енергетичних ресурсів (нафти, газу, вугілля, паливо, пальне) та тепла і електроенергії. Задоволення цих потреб можливе за рахунок ефективного використання всіх придатних енергетичних ресурсів, які є в наявності, та які, за рахунок досягнень сучасної науки, можливо ефективно перетворювати і передавати, включно з тими, використання яких раніше вважалося економічно неефективним [6].

Сукупність енергетичних ресурсів (відновлювальних та невідновлювальних) та засобів для задоволення енергетичних потреб складає енергетичний потенціал регіону [1].

Проблема ефективної оцінки енергетичного потенціалу регіону завжди актуальна. Беручи до уваги постійне зростання енергоспоживання, а також зношеність основних фондів матеріально-технічної бази енергетичної галузі, в найближчі кілька років можливим може стати дефіцит природних та енергетичних ресурсів, що особливо гостро відчують регіони, в яких немає альтернативи традиційним енергоносіям. Для того щоб компенсувати цю недостачу, потрібно мати актуальну інформацію про рівень енергетичного потенціалу регіону, включно з НВДЕ, які можуть внести значний вклад у вирішенні цієї проблеми, та реально оцінені можливості для реалізації готових проектів у даному регіоні, якщо виникне така потреба.